

© Е.С. Герасимова, Е.В. Владимирова, Е.К. Глухих,  
М.Г. Малькова, В.С. Сысоев, 2012 г.  
ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
г. Екатеринбург  
Институт химии твердого тела УрО РАН  
г. Екатеринбург  
*es.gerasimova@yandex.ru*

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО $Al_2O_3$ НА СВОЙСТВА ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОЙ КОМПОЗИЦИИ**

В мировой практике строительства все большее место занимают конструкции и сооружения, возведенные из материалов нового поколения с высокими эксплуатационными свойствами, в частности бетоны.

На современной стадии развития бетоноведения эти задачи решаются путем использования различных органических и неорганических веществ в качестве специальных добавок, а также дисперсного армирования. Вводимые в незначительных количествах добавки могут оказывать значительное влияние на химические процессы твердения бетона, что в итоге улучшает его свойства.

Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является производство уплотненных систем с ультрадисперсными активными или инертными наполнителями и полимерными добавками. Также известно, что модифицирующие полимеры могут оказывать влияние только на активную часть бетона, а именно, на вяжущее. В связи с этим создание полимерцементных композиций с ультрадисперсными материалами, которые можно использовать в качестве матрицы для бетонов, является актуальным.

В своей работе мы поставили цель выяснить влияние гранулометрического состава ультрадисперсного  $Al_2O_3$  на процессы твердения и свойства полимерцементной композиции (ПЦК).

В качестве исходных материалов использовали портландцемент ЦЕМ I 32,5; редиспергируемый полимерный порошок PAV-23 и шестиводный хлорид алюминия.

Ультрадисперсный порошок оксида алюминия получали из  $AlCl_3 \times 6H_2O$  путем термогидролиза [1]. Полученный материал разделяли на четыре фракции методом седиментации. Гранулометрический состав полученных порошков оксида алюминия в виде агломератов приведен на рис. 1.

Можно сделать вывод, что фракция 1 соответствует агломератам с размером 5–10 мкм, фракция 2 – агломератам с размером 2,5–5 мкм, фракция 3 – 1,7–2,5 мкм и фракция 4 – 0,7–1,7 мкм.

Для подбора оптимального расхода полимерного порошка проводили исследования полимерцементной смеси с содержанием PAV-23: 0; 2,0; 2,5 и 3,0 % от массы цемента. Водоцементное отношение оставалось постоянным и составляло 0,3 для всех составов. Выяснили, что максимальной прочностью как при сжатии, так и изгибе обладают образцы с 2,5 % PAV-23. Этот расход был выбран для дальнейшей работы.

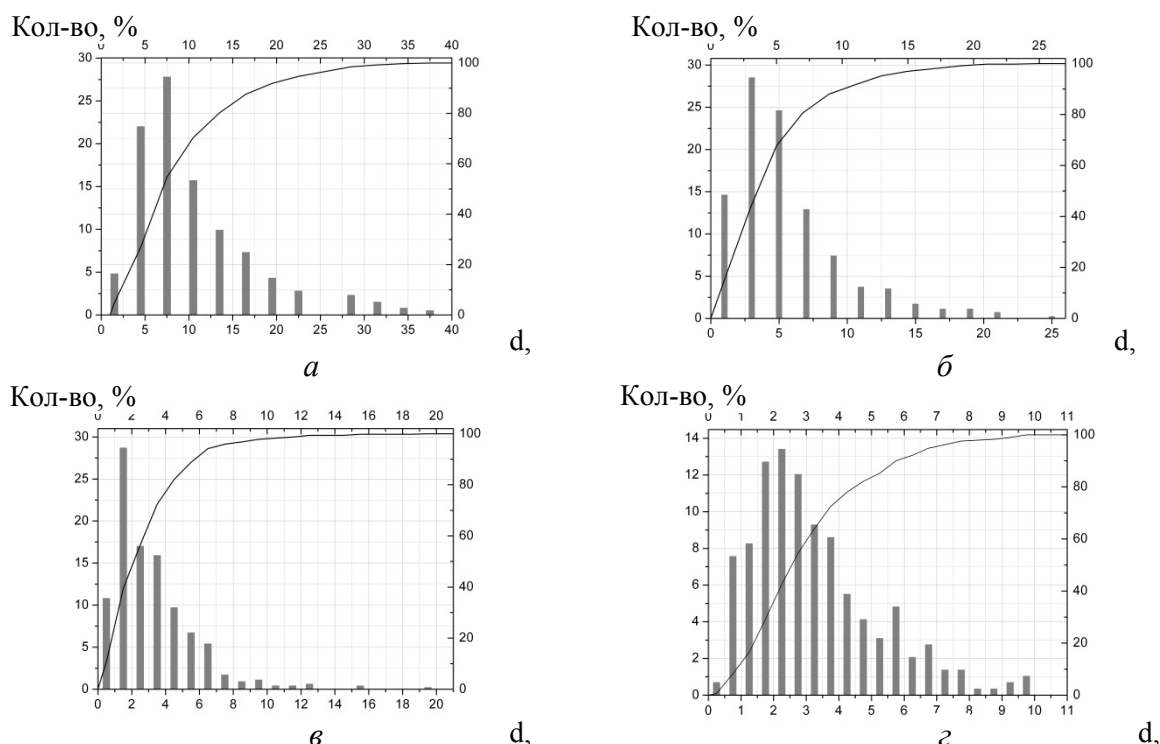


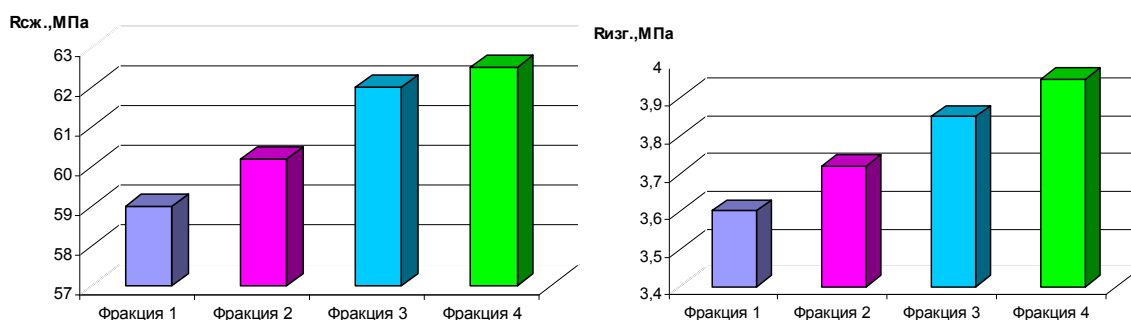
Рис. 1. Гранулометрический состав порошка оксида алюминия:  
а – фракция 1; б – фракция 2; в – фракция 3; г – фракция 4

Для оценки влияния гранулометрического состава оксида алюминия на свойства ПЦК в состав с оптимальным содержанием PAV-23 добавляли различное количество разных фракций  $Al_2O_3$ . Определили, что для всех фракций  $Al_2O_3$  увеличение его содержания повышает прочностные показатели композиции.

На рис. 2 приведены данные по изменению прочности при изгибе и сжатии композиций с 2,5 % полимера и 2 %  $Al_2O_3$  в зависимости от вида фракции в возрасте 28 суток.

Данные гистограмм свидетельствуют о том, что введение 4-й фракции повышает прочность при сжатии на 10 %, по сравнению с контрольным, и при изгибе на 15 %. На наш взгляд, это связано с получением наиболее оптимальной структуры цементного камня, модифицированного полимером.

Затем образцы, содержащие 2,5 % полимера и 2 % тонкодисперсного  $\text{Al}_2\text{O}_3$  четвертой фракции, подвергались РФА. Анализ данных свидетельствует о схожести минералогического состава образцов. Наблюдается присутствие различных видов гидросиликатов кальция, наличие продуктов гидратации алита ( $\text{C}_3\text{SH}_2$ ), белита (гиллербрандит  $\text{C}_2\text{SH}$ , В и С форма) и трехкальциевого алюмината. В образцах, содержащих PAV-23 и оксид алюминия, наблюдается присутствие алюминатов. Таким образом, добавка ультрадисперсного  $\text{Al}_2\text{O}_3$  способствует образованию алюминийсодержащих гидратных фаз, которые улучшают прочностные характеристики цементного камня.



*а б*

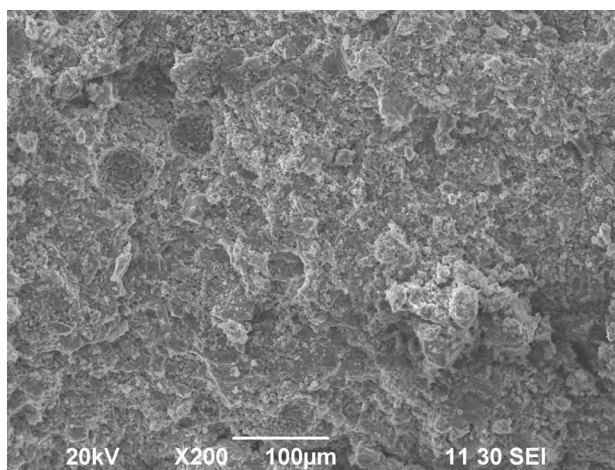
Рис. 2. Прочность ПЦК с 2,5 % PAV-23 и 2,0 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в возрасте 28 суток: *а* – при сжатии; *б* – при изгибе

Также изучалась микроструктура выбранных составов (рис. 3, 4). Видно, что затвердевший цементный камень без добавки оксида алюминия представляет собой микроскопически неоднородную систему, состоящую из кристаллических и коллоидных образований, не затронутых еще водой ядер цементных зерен, пленок полимера, воды и воздуха.

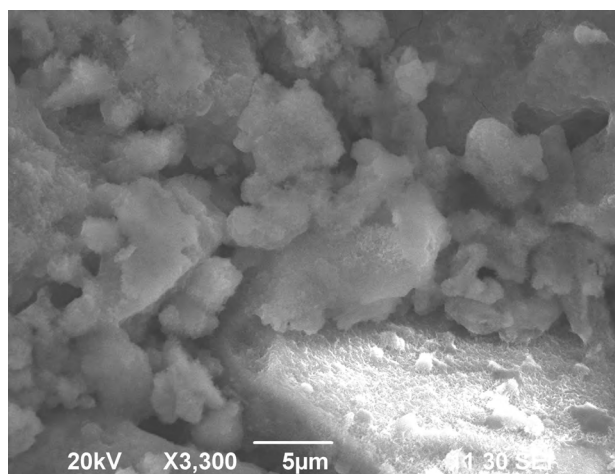
Составы с  $\text{Al}_2\text{O}_3$  имеют более плотную структуру, что свидетельствует о взаимодействии  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . В результате реакции при твердении образуется значительное количество гидроалюмината кальция, который играет значительную роль в упрочнении цементного композита. Также следует отметить, что состав с добавкой  $\text{Al}_2\text{O}_3$  фракции 4 имеет более плотную структуру по сравнению с составом, изготовленным с использованием фракции 1, что подтверждает зависимость свойств ПЦК от гранулометрического состава  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Как показали исследования для получения ПЦК (2,5 % PAV-23) с заданной прочностью на сжатие в пределах 55–58 МПа требуется 1 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  фракции 1 или 0,5 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  фракции 2 и лишь 0,3 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  фракции 4.

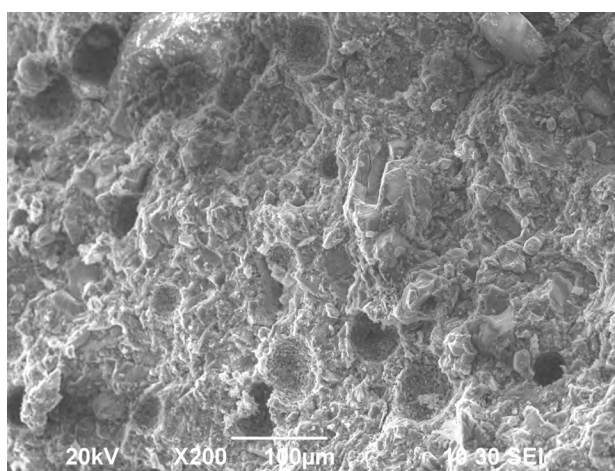
В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы. Оптимальное количество PAV-23 составляет 2,5 %. Подобран оптимальный расход тонкодисперсного порошка  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  – 2 %.



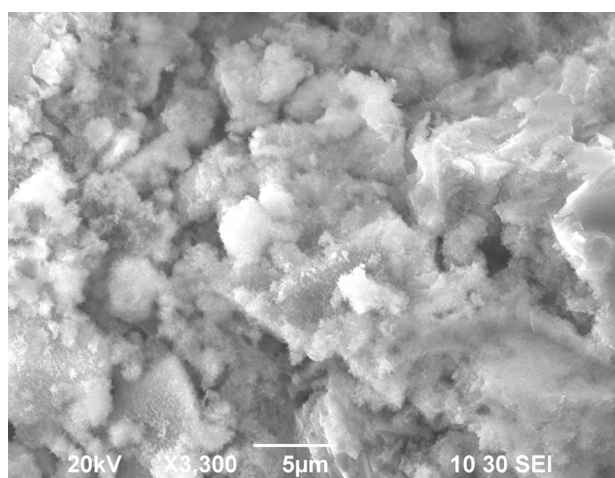
ПЦ + 2,5 % PAV-23



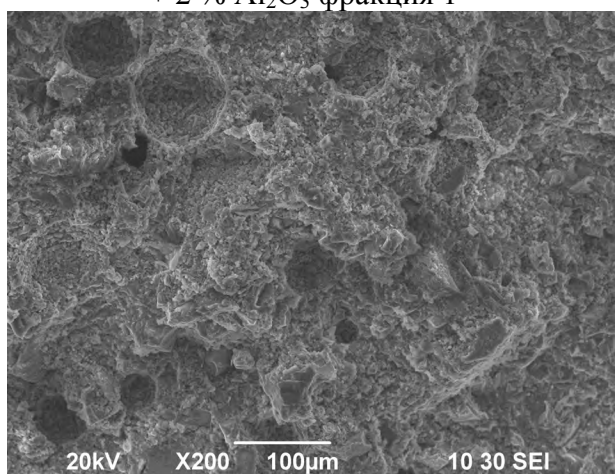
ПЦ + 2,5 % PAV-23



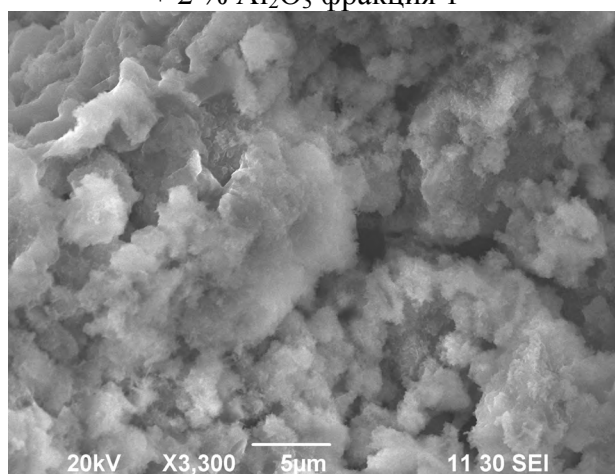
ПЦ + 2,5 % PAV-23 +  
+ 2 %  $Al_2O_3$  фракция 1



ПЦ + 2,5 % PAV-23 +  
+ 2 %  $Al_2O_3$  фракция 1



ПЦ + 2,5 % PAV-23 +  
+ 2 %  $Al_2O_3$  фракция 4



ПЦ + 2,5 % PAV-23 +  
+ 2 %  $Al_2O_3$  фракция 4

Рис. 3. Микрофотографии  
затвердевшего цементного камня в  
возрасте 28 суток (увеличение 200)

Рис. 4. Микрофотографии  
затвердевшего цементного камня в  
возрасте 28 суток (увеличение 3300)

Также было доказано, что свойства ПЦК в значительной степени зависят от гранулометрического состава оксида алюминия, причем наилучшими прочностными характеристиками обладают ПЦК, изготовленные с использованием 4-й фракции с размерами агломератов 0,7–1,7 мкм.

#### **Список использованных источников**

1. Баженов А.В., Владимирова Е.В., Кожевников В.Л., Носов А.П., Васильев В.Г., Герасимова Е.С. Патент РФ № 2384522 от 20 марта 2010 г. Способ получения наночастиц оксида металла.